山　形　大　学　紀　要（教育科学）第13巻　第３号　平成16年２月
Bull. of Yamagata Univ., Educ Sci., Vol. 13 NO. 3, February 2004

バスケットボールゲームの攻防におけるゲーム スコアから捉えたプレイヤーの人数比

大　神　訓　章
教育学部　保健体育研究室
加　藤　雅　規
アイシン・エイ・ダブリュ
（平成15年９月30日受理）

要　　旨

バスケットボール競技は，対峙する１チーム５人ずつの２チーム間によって争われる。しかし，実際のゲームでは，プレイヤーの能力差，或いは，チーム戦力差により，必ずしも常時，５人対５人の対等な人数比でプレイしているとは限らない。即ち，２チーム間におけるゲーム構造上構成される人数比は，プレイヤーの攻防力の差違によって，時系列から捉えて変化するものと考えられる。そこで，本研究は，ゲームスコアを数学的に処理することにより，対峙する２チーム間の攻防におけるプレイヤーの人数比について，ゲームスコアによってどの程度差違が見られるのか分析を試みたものである。

分析に用いた資料は，2001年に開催された日本女子バスケットボール界のトップチームであるJEの公式６ゲームであり，分析方法は，攻撃効率，攻撃回数，基本攻撃回数並びに巡回回数を基に，２チームにおけるディフェンス及びオフェンスの人数を算出した。その結果，JEは，対CK戦のY=4.9のゲームを除き，全て５人以上のゲームとなった。また，６ゲームの平均人数は，JEのX=6.2，Y=6.8に対し，相手チームは，X=4.3，Y=4.3であり，JEは，強力なオフェンス力及びディフェンス力を有するチームであると捉えられた。２チーム間の攻防におけるプレイヤーの人数比を分析することは，戦力比較の試みとして有用であり，且つ客観的な戦力データを提供した。

Ⅰ　緒　　言

バスケットボール競技は，１チーム５人ずつの対峙する２チーム間によって争われる。しかし，実際のゲームでは，プレイヤーの能力差，或いは，チームの戦力差により，必ずしも常時５人対５人の対等な人数比でプレイしているとは限らない。それは，ゲームにおいて表出されるプレイヤーの能力差，また，チーム戦力を踏まえた戦術・戦略によってプレイが構築されること等により，２チーム間の人数比に差違が見られるものと思われる。

例えば，ひとりの長身者，或いは，ポイントゲッターを中心にしたオフェンスを展開するチームは，そのプレイヤーは，チームオフェンスの要となる役割を果たし，実際的に，ひとり分以上の貢献を示すものと思われる。また，プレスディフェンスを採用するチーム

は，５人のプレイヤーが互いに協力して組織的にプレイすることから，そのチームのディフェンス力は，５人分以上の機能を発揮している[2]ものと推測される。このように，ゲーム構造上構成される人数比，即ち，５人対５人の構成比は，プレイヤー個々の攻防力及びチーム戦力の差違により，時系列から捉えて，随時，異なるものと考えられる。

そこで，本研究は，日本女子バスケットボール界のトップチームを対象にし，ゲームスコアを数学的に処理することにより，対峙する２チーム間の攻防における人数比について，ゲームスコアによってどの程度差違が見られるのか分析を試みたものである。

II　研究の方法

１．研究の対象

本研究は，2001年度に開催された第３回Ｗリーグにおける JE チームの６ゲーム，対 $CK_{(1)}$，$CK_{(2)}$，HH，MD，HT，MS 戦を対象にした。なお，Ｗリーグ最終順位は，JE（１位），CK（２位），HH（５位），MD（６位），HT（７位），MS（８位）であった。

２．分析の方法

JE チームのゲームを VTR に再現し，ゲームスコア，総攻撃回数，クォーター（Q）ごとのスコア及び攻撃回数を調べた。なお，攻撃回数は，ボールが完全に相手チームに奪取されるまでを１回とした。また，数式に用いた記号は，I（ゲームスコア），X（オフェンス人数），Y（ディフェンス人数），N（基本攻撃回数），n（攻撃回数），n_0（実際攻撃回数），S（巡回回数），u（巡回確率），$\bar{t}$（24秒平均終了時点），σ（$\bar{t}$ の標準偏差），α（攻撃効率），P_1（キープ力），P_2（シュート力），P_3（リバウンド力），K（得点）である。

III　数量化の方法

１．ディフェンス人数の算出法について

ゲームスコア（Ｉ）は，ゲーム終了時に確定される実数であるが，それは，次の数式によって，算出することができる。

$$I = 2\,\frac{X}{X+Y}\,\frac{X+Y}{XY+1}\,NS \quad \cdots ①$$

そして，ディフェンス人数（Y）を算出するために，この数式を整理・置き換えると，次の数式になる。

$$Y = \frac{2NS}{I} - \frac{1}{X} \quad \cdots ②$$

数式①及び数式②の根拠については，次に示す通りであるが，それには，まず，基礎データとして，攻撃効率（α）を求める必要があり，それは，「マルコフ過程」の応用によって，下記の数式[3]で求められる。

$$\alpha = \frac{KP_1P_2}{1-P_1(1-P_2)P_3} \quad \cdots ③$$

次に，数式③に，それぞれのプレイ項目における平均値，P_1＝0.85，P_2＝0.45，P_3＝0.33，及びK＝2.2[注1]を代入し算出すると，α　1.00となり，これは，１回の攻撃で１回シュートが決まる（100%）ことを示している。そして，攻撃効率は，オフェンス人数とディフェンス人数によって変動があると考え，プレイヤー比で捉えると，X／（X＋Y）で表される。X＝5，Y＝５場合，この数式に代入すると，0.5になり，このとき，数式上，αと同値にするために，２で乗算する必要がある。なお，この数値（２）が１回のシュートで獲得する得点の基準になる。

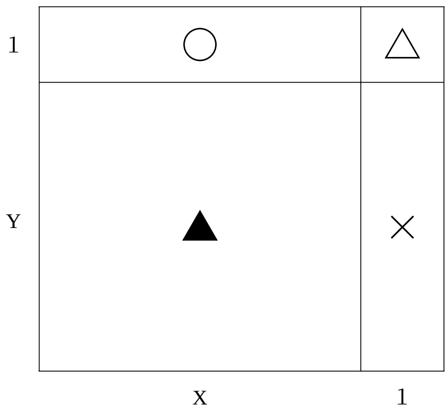

図１　ディフェンス（Y）に対するオフェンス（X）の判断力による
ゲーム時に通過すると考えられるフィルター

翻って，図１は，ディフェンスに対するオフェンスの判断力によるゲーム時に通過すると考えられるフィルターを示したものであり，横軸は，オフェンス人数（X），縦軸は，ディフェンス人数（Y）を表し，それぞれに自由度（１）を加味して図示した。オフェンス側から捉えると，○の部分は，攻撃できる（ディフェンスされていない）状況を正しく認識し，シュートが成功することを表し，△印の部分は，攻撃できるが誤った判断をして再度攻撃し直すことを表す。▲印の部分は，攻撃できない（ディフェンスされている）状況を正しく捉え，再度攻撃し直し，×の部分は，攻撃できない状況でありながら攻撃できると誤った判断をして，相手チームのボール保持になることを表している。つまり，ゲーム展開は，このフィルターを何度も通過することで成立しているものと捉えることができる。したがって，△と▲の部分は，再度攻撃し直すことを示し，△と▲部分を加算したものは，攻撃することで巡回が起こる部分であり，巡回が起こる確率が巡回確率（u）[注2)]である。なお，巡回確率は，下記の数式で求めることができる。

$$u = \frac{XY+1}{(X+1)(Y+1)} \cdots ④$$

また，この△と▲の起こる巡回回数[注3)]は，下記の通りとなる。

$$S = \frac{1}{1-u} - 1 \cdots ⑤$$

ここで，u に数式④を代入すると，巡回回数は，下記のように変換できる。

$$\frac{1}{1-u}-1=\frac{XY+1}{X+Y}$$

そして，上記の数式に，X=5, Y=５を代入すると2.6（26／10）が求められる。これはX=5, Y=５の場合の１回の攻撃に起こる巡回回数（S）であり，シュートに至るまでの１回の攻撃で2.6回の巡回が起こることを示している。

次に，ボール保持からシュートに至るまでの攻撃時間には，24秒ルールがあることから，攻撃が24秒内のどの時点で終了しているかについて捉える必要があり，その平均終了時点（$\bar{t}$）は，下記の数式で求められる。

$$\bar{t}=\frac{1}{1-u}$$

この平均終了時点（$\bar{t}$）から24秒までの標準偏差を算出すると，$\bar{t}$と同数値となり，この数値をσとする。$\bar{t}$とσが同数値ということは，$\bar{t}$が24秒の半分の位置にあることを示す。つまり，$\bar{t}$=12となり，１回の攻撃は，平均12秒で終了することになる。そして，１ゲーム40分内のオフェンスの時間は，20分であることから，１ゲームの攻撃回数は100回であると捉えることができる。しかし，この攻撃回数は，リバウンドやファールなどで再び攻撃し直した回数も含まれており，そこで，シュートに至るまでを１回とした基本攻撃回数（N）及び X=5, Y=５の場合のプレイ項目の平均値を数式③に代入し算出した。

$$100=\frac{N}{1-P_1(1-P_2)P_3}$$

算出結果は，N　80となり，これは１ゲームの基本攻撃回数が80回であることを表すものである。次に，（X+Y）／（XY+１）は，オフェンス，ディフェンス人数によって増減する攻撃回数（n）である。まず，X=5, Y=５の場合[注4)]の巡回回数（S=2.6）と基本攻撃回数（N=80）を乗算した数を基準とすると，この数値は，巡回回数（XY+１／X+Y）と攻撃回数（n）を乗することにより算出でき，それは，下記の計算式で求められる。

$$n=\frac{X+Y}{XY+1}NS \quad \cdots ⑥$$

以上の手順を踏まえ，算出した巡回回数（S=2.6），基本攻撃回数（N=80），並びにゲームスコアを前述の数式②に代入し，ディフェンス人数（Y）を算出したのである。算出されたディフェンス人数は，自チームのオフェンス時におけるディフェンス人数，即ち，相手チームのディフェンス人数となる。

２．オフェンス人数（X）の算出法について

オフェンス人数については，下記の数式で算出される。

$$I=2\frac{X}{X+Y}n_0 \quad \cdots ⑦$$

数式⑦は，２点シュート，攻撃効率，実際の攻撃回数を乗したものであり，変換すると，オフェンス人数（X）は，下記の計算式で求められる。この数式に，ゲームスコア，実際の攻撃回数（n_0），数式②より算出されたディフェンス人数（Y）を代入し，オフェンス人数（X）を算出した。

$$X = \frac{Y}{2n_0/I - 1} \quad \cdots⑧$$

以上のように，数式②及び数式⑧より，相手チームのディフェンス人数，自チームのオフェンス人数が算出される。同様にして，自チームのディフェンス人数，相手チームのオフェンス人数を算出した。なお，クォーターごとのオフェンス及びディフェンス人数は，基本攻撃回数（N）を１クォーター20回として算出した。

Ⅳ　数量化の検証

表１は，JE チームの６ゲームにおけるゲームスコア（Ｉ），実際の攻撃回数（n_0），オフェンス人数（X）及びディフェンス人数（Y）の人数比，表２～７は，それらを JE チームの対戦チームごと，クォーター別に示したものである。

表１　JE チームの６ゲームにおけるゲームスコア(I),実際の攻撃回数(n_0),人数比(X,Y)

TEAM	JE				対戦チーム			
	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
MD	120	86	8.2	7.2	56	84	3.6	3.3
HT	104	83	6.4	8.7	47	82	3.5	3.8
MS	92	86	5.0	7.0	58	85	3.6	4.3
HH	103	86	6.1	5.8	69	84	4.1	3.8
CK(1)	67	73	5.1	7.2	56	71	4.7	6.0
CK(2)	85	73	6.5	4.9	81	74	6.0	4.7
AVE.	95.2	81.2	6.2	6.8	61.2	80.0	4.3	4.3

表２　JE チームの対 MD 戦におけるクォーターごとの得点(I),実際の攻撃回数(n_0),人数比(X,Y)

TEAM	JE				MD			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1Q	23	21	5.2	11.4	9	20	3.3	4.3
2Q	39	22	19.3	7.2	14	21	3.6	2.5
3Q	25	19	7.6	5.3	19	19	5.3	4.0
4Q	33	24	6.5	7.2	14	14	3.0	3.0

表３　JE チームの対 HT 戦におけるクォーターごとの得点(I), 実際の攻撃回数(n_0), 人数比(X, Y)

TEAM	JE				HT			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1 Q	31	22	7.5	7.8	13	21	3.5	3.2
2 Q	25	18	9.0	7.8	13	19	4.1	4.0
3 Q	23	21	5.2	17.1	6	21	2.9	4.3
4 Q	25	22	5.2	6.7	15	21	3.7	4.0

表４　JE チームの対 MS 戦におけるクォーターごとの得点(I), 実際の攻撃回数(n_0), 人数比(X, Y)

TEAM	JE				MS			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1 Q	34	24	7.0	9.3	11	23	2.9	2.7
2 Q	21	22	4.3	5.9	17	22	3.7	4.8
3 Q	19	21	4.4	8.5	12	21	3.4	5.3
4 Q	16	19	4.6	5.6	18	19	5.0	6.3

表５　JE チームの対 HH 戦におけるクォーターごとの得点(I), 実際の攻撃回数(n_0), 人数比(X, Y)

TEAM	JE				HH			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1 Q	34	22	9.7	4.5	22	22	4.5	2.9
2 Q	20	22	4.1	6.7	15	21	3.7	5.0
3 Q	26	19	8.2	5.6	18	19	5.0	3.8
4 Q	23	23	5.2	7.2	14	22	3.4	4.3

表６　JE チームの対 CK(1)戦におけるクォーターごとの得点(I), 実際の攻撃回数(n_0), 人数比(X, Y)

TEAM	JE				CK(1)			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1 Q	21	19	5.9	10.2	10	18	3.9	4.8
2 Q	13	17	4.8	5.6	18	18	5.6	7.8
3 Q	16	17	5.6	7.2	14	16	5.6	6.3
4 Q	17	20	4.4	7.2	14	19	4.2	5.9

表７　JE チームの対 CK(2)戦におけるクォーターごとの得点(I), 実際の攻撃回数(n_0), 人数比(X, Y)

TEAM	JE				CK(2)			
Q	I	n_0	X	Y	I	n_0	X	Y
1 Q	22	19	6.2	4.3	23	19	6.6	4.5
2 Q	20	19	5.6	3.3	30	19	12.3	5.0
3 Q	19	19	5.3	5.3	19	19	5.3	5.3
4 Q	24	16	12.4	11.4	9	17	4.1	4.1

１．各ゲームにおける人数比について

ゲームごとの人数比を比較すると，JE の X，Y は，対 CK$_{(1)}$の Y＝4.9を除いて，全て５人以上の人数となった。特に，対 MD 戦は，JE が X＝8.2, Y＝7.2に対し，MD が X＝3.6, Y＝3.3と，X，Y ともに倍超の人数比となった。６ゲームの平均人数比を比較しても，JE は，X＝6.2, Y＝6.8と X，Y ともに５人以上を示し，相手チームは，X＝4.3, Y＝4.3と X，Y のともに５人以下の人数を示した。JE は，どのゲームに対しても，安定した，強力なオフェンス力，ディフェンス力を発揮したものと捉えることができる。また，X よりも Y の人数が多いことから，JE のディフェンス力の優位性が認められた。中でも，対 HT 戦は，Y＝8.7と最多のディフェンス人数であった。また，CK$_{(1)}$戦では，X よりも Y の人数が多く，CK$_{(2)}$戦では，Y よりも X の人数が多く算出された。CK$_{(1)}$戦では，ディフェンス力に優位性が認められ，一方，CK$_{(2)}$戦では，オフェンス優位のゲーム様相であったと思われる。更に，２ゲームの平均人数比を比較すると，JE は，X＝5.8, Y＝6.1, CK は，X＝5.4, Y＝5.4となり，JE のディフェンスの人数が若干多く表れたが，両チームとも５人以上の人数であることから，互いに強力な戦力を有することが認められた。

２．各クォーターにおける人数比について

各ゲームにおけるクォーターごとの人数比を比較すると，JE は，殆どが X，Y ともに５人以上の人数であった。顕著に算出されたのが，対 MD 戦１Q の Y＝11.4, ２Q の X＝19.3, 対 HT 戦３Q の Y＝17.1, 対 CK$_{(1)}$戦１Q の Y＝10.2, 対 CK$_{(2)}$戦４Q の X＝12.4, Y＝11.4であった。また，対 MD 戦，対 HT 戦も同様に，５人以上の人数が算出され，JE の強力なオフェンス力，ディフェンス力が発揮されたゲームであることが伺えた。対 MS 戦における JE の X は，２Q が X＝4.3, ３Q が X＝4.4, ４Q が X＝4.6と５人以下を示すが，Y は，１Q が Y＝9.3, ２Q が Y＝5.9, ３Q が Y＝8.5, ４Q が Y＝5.6であり，オフェンス力の劣位をディフェンス力により優位にゲームを展開したものと思われる。対 CK 戦では，JE は，対 CK$_{(1)}$戦１Q の Y＝10.2, 対 CK$_{(2)}$戦４Q の X＝12.4, Y＝11.4, CK は，対 JE$_{(2)}$戦３Q の X＝12.3とそれぞれオフェンス，ディフェンスの人数が多く算出されたクォーターがあった。対 CK$_{(1)}$戦は，１Q の JE の Y＝10.2, CK の X＝3.9を除いた X，Y の人数の数値を見ると，ほぼ互角であることから，１Q の JE の強力なディフェンスで CK の得点を抑えたことが勝利に繋ったものと考えられる。また，JE のディフェンスの人数がどのクォーターも５人以上であることから，対等の戦力を有するチームとのゲームにおいても，強力なディフェンス力であったことが伺える。クォーターごとの人数比は，その多少により，オフェンス力，ディフェンス力のどちらが強力であるか，クォーターによって変動が見られた。

以上のことから，２チーム間の攻防におけるプレイヤーの人数比を分析することは，戦力比較の試みとして有用であり，且つ客観的なデータを提供したものと思われる。

V　ま　と　め

本研究は，日本女子バスケットボール界のトップチームである JE の公式６ゲームを対象とし，ゲームスコアを数学的に処理することにより，対峙する２チーム間の攻防におけるプレイヤーの人数比について，ゲームスコアによって，どの程度差違が見られるのか，

分析したものである。

結果を纏めると次の通りである。

1．ゲームごとの人数比を比較すると，JE は，対 CK$_{(1)}$戦の Y＝4.9を除き，全て５人以上のゲームとなった。特に，対 MD 戦は，X＝8.2, Y＝7.2と，X，Y ともに高数値を示した。また，６ゲームの平均人数は，JE の X＝6.2, Y＝6.8に対し，相手チームは，X＝4.3, Y＝4.3となり，JE は，オフェンス力，ディフェンス力ともに強力で安定していたものと思われる。

2．JE における X，Y 間の比較では，Y の方が高数値を示したことから，JE は、ディフェンス優位のチームであることが伺えた。

3．クォーターごとの人数比では，対 MD 戦１Q の Y＝11.4, ２Q の X＝19.3, 対 HT 戦３Q の Y＝17.1, 対 CK 戦$_{(1)}$ １Q の Y＝10.2, 対 CK$_{(2)}$戦４Q の X＝12.4, Y＝11.4, 対 MS 戦２Q の X＝4.3, ３Q の X＝4.4, ４Q の Y＝4.6, 対 HH 戦１Q の Y＝4.5, ２Q の X＝4.1, 対 CK$_{(1)}$戦２Q の X＝4.8, ４Q の Y＝4.4, 対 CK$_{(2)}$戦１Q の Y＝4.3, ２Q の Y＝3.3に示されるように，X，Y の人数の多少により，オフェンス，ディフェンスのどちらが強力であるか，クォーターによって変動が見られた。

4．対 CK 戦の２ゲームの平均人数比を比較すると，JE は，X＝5.8, Y＝6.1, CK は，X＝5.4, Y＝5.4となり，JE のディフェンスの人数が若干多く表れたが，両チームとも５人以上の人数であることから，互いに強力な戦力を有することが認められた。

注

1）バスケットボール競技において，ボールが１回のリング通過による得点は，フリースローは１点，３P ラインより内側のシュートは２点，３P ラインより外側のシュートは３点である。ゲームにおけるこれらのシュートの占める割合をデータ平均より捉えて，１点は10%，２点は60%，３点は30%とし，そこで，シュート成功数を50本と想定した場合，それぞれの成功数は，１点が５本，２点が30本，３点が15本となる。したがって，この場合の得点は，１点シュートが５点，２点シュートが60点，３点シュートが45点の合計110点となり，シュート成功数50で除した平均値は，2. 2点となる。なお，P_1＝0. 85, P_2＝0.45, P_3＝0. 33の数値は，先行研究[4)5)6)]による値である。

2）巡回確率は，推移確率[1)7)]の一つであり，推移確率とは，それまで α_{n-1}にあった状態から α_n という状態へ移る確率である。巡回確率は，次の状態へ移るのではなく，同じ状態に戻る確率であり，巡回する確率を示している。なお，巡回確率は，P_1（１－P_2）P_3でも捉えられるが，この数式は，時間的要素が加味されていない。本稿の（XY＋１）／（X＋１）（Y＋１）は，時間的要素を加味した数式である。

3）１回のシュートに至るまで m 回攻撃したとすると，巡回が起こった回数は m－１回となる。つまり１回目の攻撃を除した回数が巡回回数である。

4）X＝3, Y＝３の場合，数式⑥に X＝3, Y＝３を代入すると，n　130, X＝7, Y＝７の場合は，n　57と算出される。このことから，オフェンス，ディフェンスの人数が増加すれば攻撃回数が減少し，オフェンス，ディフェンスの人数が減少すれば攻撃回数が増加することを示している。

文　　献

1）広中平祐（1991），現代数理科学事典，大阪書籍，p. 588.

2）Morgan Wootten（1994），バスケットボール勝利へのコーチング，大修館書店，pp. 49－51.

3）大神訓章（1985），バスケットボールのゲーム分析に関する一考察，山形大学紀要（教育科学）第８巻第４号，pp. 53－66.

4）大神訓章，志村宗孝，浅井慶一，日高哲朗，内山治樹（1992），バスケットボールゲームにおける選手の攻撃能力の数量化とそれに基づくゲーム分析の試み，スポーツ方法学研究第５巻第１号，pp. 69－78.

5）大神訓章，浅井慶一，内山治樹，佐々木桂二，斎藤一人（2000），バスケットボールプレイヤーの攻撃能力に関する数量化の検討（Ⅱ），山形大学紀要（教育科学）第12巻第３号，pp. 1－12.

6）大神訓章，井上眞一，朴　宣映（2002），高校女子バスケットボールチャンピオンチームの戦力分析，山形大学紀要（教育科学）第13巻第１号，pp. 1－19.

7）薩摩順吉（1989），確率・統計〔理工系の数学入門コース７〕，岩波書店，p. 183.

Summary

Kuniaki OGA*，Masanori KATOU :**
An Analysis of the Basketball Games on the Number Ratio of the Player in Offence and Defense :

This study was analyzed for JE, the champion team in Japan, how many difference were seen about the number ratio of the player in offence and defense between two teams to face by mathmatically game score.

The results may be summarized as follows ;

１．When the player ratio of every game was compared, JE was the games of more than five player completely except for to CK.　Specially, both X（＝8.2）and Y（＝7.2）showed high numerical value in to MD.　Moreover, it was that JE was X＝6.2, Y＝6.8, the other team was X＝4.3, Y＝4.3 in the average number of 6 games.　Therefore, JE was stable and powerful in the offence and the defense.

２．It was showed that JE was the team of the defense predminance from Y numerical value's being high by X in JE, the comprison between Y and X.

３．In the number ratio of the player in the every quarter, there was the fluctuation by the number of player of X, Y by offence and whether which of the defense is powerful.

４．Both teams might have to each other powerful teams, JE was X＝5.8, Y＝6.1, CK was X＝5.4, Y＝5.4, comparison the average number ratio of the player of 2 games, the number of players of the defense of JE mainly appeared a little.

(*Section of Health and Physical Education, Faculty of Education)
(**Aisin AW)